

<https://helda.helsinki.fi>

Verkko kemian oppimisympäristönä: esimerkkinä hyönteisten kemia

Pernaa, Johannes

Jyväskylän yliopisto
2008

Pernaa , J & Aksela , M 2008 , Verkko kemian oppimisympäristönä: esimerkkinä hyönteisten kemia . julkaisussa J Välisaari & J Lundell (toim) , Kemian opetuksen päivät 2008: uusia oppimisympäristöjä ja ongelmälähtöistä opetusta . Research report , Nro 129 , Jyväskylän pöyliopisto , Jyväskylä , Sivut 35 44 , Kemian Opetuksen Päivät III , Jyv 08/05/2008 .

<http://hdl.handle.net/10138/306391>

unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Verkko kemian oppimisympäristönä: esimerkkinä hyönteisten kemia

Johannes Pernaa & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Verkko on yksi hyvä kemian opetuksen oppimisympäristö. Tässä artikkelissa esitellään kehittämistutkimus uudenlaisen verkko-oppimisympäristön kehittämisestä mielekkääseen lukion kemian opetukseen. Esimerkkinä on hyönteisten kemia, erityisesti mehiläisten kemia. Tutkimus sisälsi neljä vaihetta: 1) tarveanalyysin, 2) oppimateriaalin tekemisen tarveanalyysin ja aikaisemman tutkimustiedon pohjalta, 3) sen arvioinnin ja 4) oppimateriaalin kehittämisen. Tutkimusta ohjasi kaksi päättämiskysymystä: 1) Miten hyönteisten kemiaa opetetaan lukiossa nykyisin? ja 2) Minkälainen on mielekäs verkko-opetusmateriaali aiheesta? Tutkimuksen pohjalta valmistui lukion kemian opetukseen verkko-oppimateriaali, joka sisältää hyönteisten kemian kontekstiin sidotun teorian, teoriaa tukevat kuvat ja animaatiot, kokeellisuutta ja molekyyli mallinnusta yhdistelevät tehtävät sekä käsitekartoista rakennetun navigointijärjestelmän. Tutkimukseen osallistuneet kemian opettajat kokivat materiaalin mielekkääksi: sen todettiin olevan tasoltaan kiitettävä ja sisällöltään riittävän laaja. Käsitekarttojen koettiin antavan sisällölle selkeyttä ja tehostavan oppimista.

1. Johdanto

Tieto- ja viestintätekniikka antaa monia uusia mahdollisuuksia kemian opetukseen (Linn, 2003). Verkon käyttö mahdollistaa kemiassa esimerkiksi mittavat tiedonhaku- ja ongelmanratkaisuresurssit (Aksela, 2005) sekä monipuoliset visualisointikeinot (esimerkiksi molekyyli mallinnus), jotka tukevat kemian ymmärtämistä (Russell ym., 1997). Nykyisin kemian opettajat käyttävät tieto- ja viestintätekniikkaa vähän opetuksessaan (Meisalo ym., 2007). Suomessa tieto- ja viestintätekniikan käyttöä tulee edistää panostamalla opettajien koulutukseen. Opettajien tieto- ja viestintätekniisten taitojen koulutus monipuolistaisi ja lisäisi tieto- ja viestintätekniikan siirtymistä opetukseen (Valtioneuvoston kanslia, 2007).

Tässä tutkimuksessa kehitettiin nelivaiheisen kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) kautta lukion opettajille suunnattu hyönteisten kemiaa käsittelevä verkkomateriaali. Materiaali kehitettiin Ausubelin (1968) mielekkään oppimisen teorian pohjalta. Sen tavoitteena on toimia opettajille sisällöltään monipuolisena ja käytettävyydeltään mielekkään hyönteisten kemian materiaali pankkina. Verkkomateriaalista pyrittiin tekemään Jonassenin (1999) kriteerien mukaisesti mielekäs, kuitenkin huomioiden materiaalin tavoitteet ja kohdeyleisö. Verkkomateriaalin mielekkyyttä tuettiin kontekstuaalisella lähestymistavalla, kuvilla, animaatioilla, tehtävillä ja käsitekartoista rakennetulla navigointijärjestelmällä. Tutkimusten mukaan käsitekartat tehostavat verkko ympäristössä työskentelyä (Carnot ym., 2001).

2. Kemian opetus verkossa

Verkko ympäristössä toteutetun opetuksen on todettu aktivoivan korkeampia ajattelutaitoja (Coleman ym., 2001). Kemian opetuksessa verkkoa voidaan käyttää apuna muun muassa tiedonhaussa ja ongelmien ratkaisussa. Verkon käytön on todettu myös lisäävän opiskelijoiden keskustelua kemiasta (Aksela, 2005) sekä syventävän kemian oppimista monipuolisten visualisointikeinojen myötä. Laajojen visualisointiresurssien on todettu auttavan oppilaita hahmottamaan yhteyksiä kemian tiedon kolmen eri tason välillä (Russell ym., 1997). Korkeampia ajattelutaitoja oppilaat käyttävät etenkin raportoidessaan ja esittäessään tuloksia muulle luokalle. Silloin heidän täytyy analysoida ja arvioida myös tuottamansa tiedon tärkeyttä ja luotettavuutta (Aksela, 2005).

Jonassenin (1999) mukaan mielekästä oppimista tukeva verkkomateriaali on aktivoivaa, konstruktivistista, yhteistoiminnallista, tavoitteellista, kontekstuaalista, reflektiivistä ja vuorovaikutteista. Verkkomateriaalissa oppilaan omaa aktiivisuutta, yhteistoiminnallisuutta ja vuorovaikutteisuutta voidaan aktivoida esimerkiksi keskustelupalstoilla, joissa on myös mahdollisuus julkaista omia tuotoksia ja joista muut käyttäjät pääsevät antamaan palautetta. Tavoitteellisuutta voidaan ylläpitää verkkomateriaaliin sisällytettävien oppimistehtävien avulla. Oppimispäiväkirjaa pitämällä oppilas voi analysoida omaa oppimistaan. Mielekästä oppimateriaalia voidaan myös käyttää samanaikaisesti erilaisiin tarkoituksiin. Se soveltuu samaan aikaan joko asioiden nopeaan kertaamiseen tai uuden asian syvällisempään opiskeluun (Multisilta, 1997).

3. Käsitekartat kemian opetuksessa

Käsitekartat (engl. concept maps) ovat graafisia opetuksen, oppimisen, arvioinnin ja tiedonetsintätyökaluja, jotka on kehitetty Ausubelin mielekkään oppimisen teorian sovelluksena (Novak, 1998; Novak & Gowin, 1984). Kemian opetuksessa käsitekarttoja käytetään ennakkokäsitysten kartoittajana, kemian tietorakenteen esittäjänä ja osaamisen arvioinnin välineenä (Lavonen ym., 2007). Kemiassa käsitekarttoja voidaan myös käyttää väärinkäsitysten esilletuojana. Käsitekartan tekijä huomaa väärin väittämien avulla virheen ajattelussaan ja pystyy siten korjaamaan tietorakennettaan (Novak & Gowin, 1984).

Käsitekarttojen käytöstä kemian ja yleisesti luonnontieteiden opetuksessa on tehty jonkin verran tutkimusta. Useiden tutkimusten mukaan käsitekarttojen käytöstä on hyötyä kemian opetuksessa sekä luokahuoneessa että laboratoriossa (mm. Cardellini, 2004; Francisco ym., 2002; Markow & Lonning, 1998; Nicoll ym., 2001; Osman Nafiz, 2008; Pendley ym., 1994; Regis ym., 1996; Stensvold & Wilson, 1992). Esimerkiksi Nicollin ym. (2001) mukaan käsitekarttojen käyttö kemian opetuksessa on tehokasta. Heidän tutkimuksessaan käsitekarttoja käyttäneet opiskelijat kykenivät yhdistämään käsitteitä laajemmin jo hallitsemaansa tietorakenteeseen ja pystyivät näin omaksumaan vaativimpia kokonaisuuksia tehokkaammin kuin kontrolliryhmä. Hieman myöhemmin Francisco ym. (2002) raportoivat myös tutkimustuloksista, joiden mukaan käsitekarttojen käyttö auttoi oppilaita omaksumaan käsitteistöä ja kokonaisuuksia paremmin. (Francisco ym., 2002; Nicoll ym., 2001)

Käsitekarttoilla on saatu hyviä tuloksia laboratoriotöiden yhteydessä teetättämällä oppilaille kokeelliseen työhön liittyviä käsitekarttoja ennen ja jälkeen työn suorittamista. Oppilaat kokivat käsitekarttojen helpottavan kokeellisuuteen liittyvien käsitteiden omaksumista, jotka usein muuten jäivät itse työn suorittamisen varjoon (Markow & Lonning, 2002; Osman Nafiz, 2008). Yhden tutkimuksen mukaan käsitekarttojen käyttö laboratoriotyöskentelyn yhteydessä auttaa opiskelijoita keskittymään työskentelyyn ja ohjeiden seuraamiseen sekä ymmärtämään käytössä olevia menetelmiä paremmin (Stensvold & Wilson, 1992).

4. Käsitekartat verkkomateriaaleissa

Verkkosivuista rakennetaan usein hierarkkisia ja ne noudattavat tiettyä sisällysluetteloa. Sivut ovat perinteisesti yhdistetty toisiinsa sanoista tai lauseista lähtevillä hyperlinkeillä. Suuria sivustoja navigoidessa tiedonetsijä saattaa joutua selaamaan sivuja useaan kertaan eteen- ja taaksepäin ennen tarvittavan tiedon löytymistä. Tutkimustiedon mukaan tiedon löytämistä ja omaksumista verkkoympäristössä pystytään parantamaan siirryttäessä käyttämään perinteisestä selaustyylisestä käsitekarttoihin perustuvaan navigointi- ja tiedonetsintäjärjestelmään. (Carnot ym., 2001)

Käsitekarttoista rakennettujen oppimisympäristöjen tehokkuudesta tiedonetsintä ja oppimisen työkaluina on tutkittu vähän. Carnotin ym. (2001) tutkimuksessa vertailtiin käsitekarttoista rakennetun oppimisympäristön tiedonetsintä tehokkuutta ja tarkkuutta perinteiseen tekstisivuista koostuvaan oppimisympäristöön. Tutkimus otti myös huomioon erot mielekkäiden oppijoiden ja ulkoa oppijoiden välillä. Tutkimuksen mukaan molemmat oppijaryhmät saavuttivat paremmat tulokset käsitekarttojen avulla, mutta mielekkäät oppijat hyötyivät käsitekarttoista ulkoa oppijoita hieman enemmän. (Carnot ym., 2001)

5. Kehittämistutkimus

Materiaali kehitettiin kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) suuntaviivojen mukaisesti. Tutkimusta ohjasi kaksi pää tutkimuskysymystä: 1) Miten hyönteisten kemiaa opetetaan lukiossa? ja 2) Minkälainen on mielekäs verkko-opetusmateriaali aiheesta? Tutkimus koostui neljästä vaiheesta: 1) tarveanalyysi, 2) oppimateriaalin tekeminen, 3) sen arviointi ja 4) oppimateriaalin kehittäminen.

Tarveanalyysissä analysoitiin 23 lukion kemian oppikirjaa sekä kolme yliopiston kemian peruskurssien oppikirjaa aineistolähtöisen sisällönanalyysin metodein (Tuomi & Sarajärvi, 2002). Tarveanalyysistä haettiin vastausta ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, jonka avulla kehitettävä materiaali pystyttiin rajaamaan.

Materiaali rakennettiin Jonassenin (1999) määrittelemien mielekkään verkko-oppimisen kriteerien mukaisesti. Samalla huolehdittiin myös siitä, että verkkomateriaalin tavoitteena on toimia opettajien laajana hyönteisten kemian materiaalipankkina. Jonassenin (1999) esittämistä mielekkään verkko-oppimisen kriteereistä, tässä työssä korostettiin voimakkaimmin konstruktivisuutta, kontekstuaalisuutta ja aktiivisuutta.

Materiaalin arviointi suoritettiin syksyllä 2007 MAOL ry:n syyspäivien ja Luma-Keskuksen molekyylihallinnuspajojen yhteydessä. Arviointiin osallistui yhteensä 17 kokenutta kemian opettajaa. 76 % opettajista oli yli 15 vuotta opetuskokemusta. Opettajille jaettiin kyselylomakkeet, jonka jälkeen he saivat aikaa tutustua verkkomateriaaliin ja täyttää kyselylomakkeet.

Vastanneista 59 % koki työskentelyn verkkoympäristössä mielekkääksi (ks. taulukko 1). Suurin osa opettajista ajatteli myös oppilaiden pitävän tietokoneperustaisesta opiskelusta. Opettajien suhtautuminen käsitekarttoja kohtaan jakoi vahvasti mielipiteitä. Vain 18 % vastanneista käytti käsitekarttoja opetuksessaan usein, 41 % käytti käsitekarttoja hyödyksi omassa opiskelussaan ja 65 % uskoi käsitekarttojen tehostavan oppimista.

Taulukko 1. Kemian opettajien vastaukset taustakysymyksiin, % (N=17)

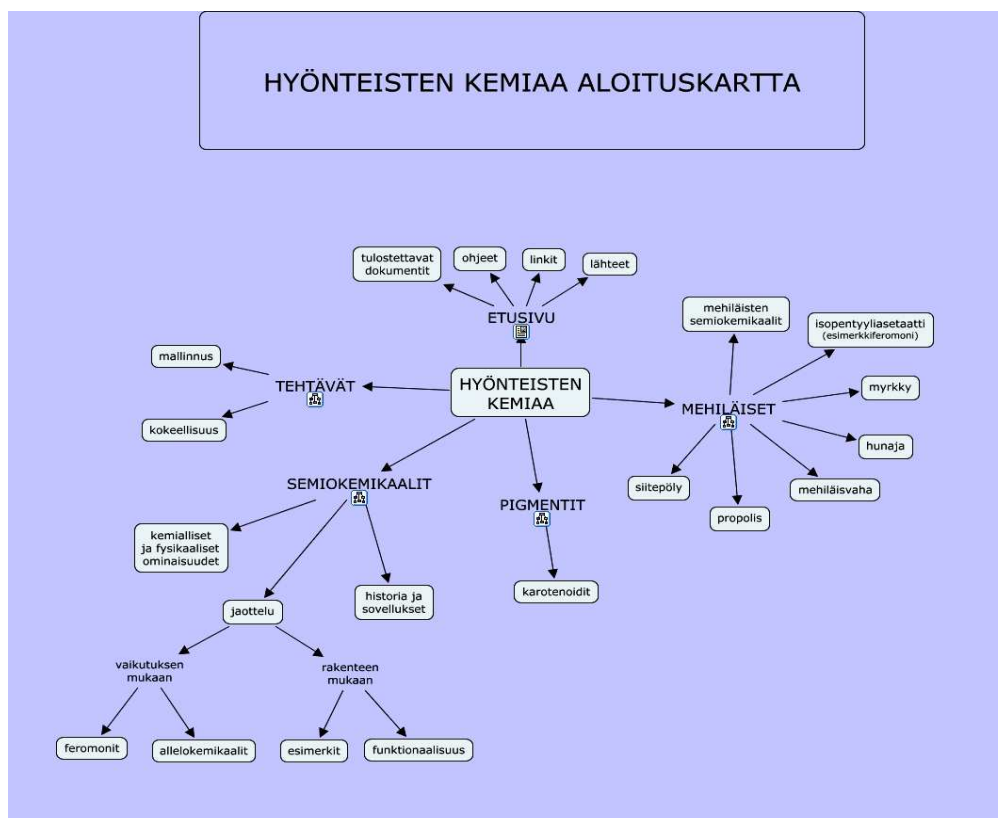
Väite	Vastaus (%)		
	Mielekästä	Epämiellyttävää	En osaa sanoa
Verkkoympäristössä opiskelu on minulle			
	59	0	41
Mielestäni oppilaat kokevat tietokoneperustaisen opiskelun olevan			
	76	0	24
Opiskelen verkkoympäristössä	Usein	Harvoin	Ei koskaan
	35	47	18
Käytän verkkomateriaaleja opetuksessani tai opetan tietokone-perustaisessa ympäristössä	Usein	Harvoin	Ei koskaan
	35	59	6
Käytän käsitekarttoja osana opetustani	Usein	Harvoin	Ei koskaan
	18	58	24
Käytän käsitekarttoja opiskeluni tukena	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
	41	41	18
Käsitekartat edistävät oppimista	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
	65	0	35

6. Tulokset

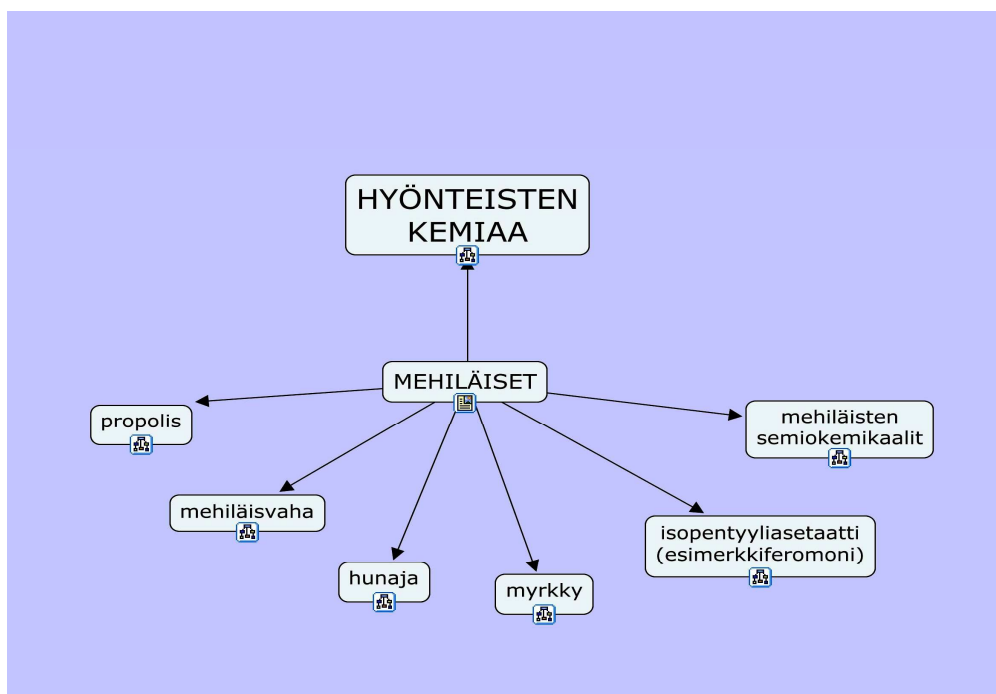
6.1 Kehitetty verkkomateriaali

Verkkomateriaalin rakentamisessa kiinnitettiin huomiota erityisesti sivuston sisältöön, ulkoasuun, rakenteeseen ja navigoimiseen. Tarveanalyysissä tutkituista 26 oppikirjasta neljäsatoista (14) esiintyi hyönteisten kemiaa. Hyönteisten kemiasta näkyvimmin oli esillä semiokemikaalit ja yksittäisistä hyönteisistä mehiläisiin liittyvä kemia. Hyönteisten kemiassa kolme eniten esiintyvää kemian aihealuetta olivat orgaanisten yhdisteiden luokittelu, luonnonaineet ja sidoksiin liittyvä kemia.

Tarveanalyysin pohjalta materiaalin sisältö rajattiin eniten esiintyviin semiokemikaaleihin ja mehiläisten kemiaan. Kemian aihealueista yleisimmäksi noussut orgaanisten yhdisteiden luokittelu sisällytettiin materiaalissa semiokemikaalien alle ja luonnonaineista valittiin esimerkiksi hyönteisissä esiintyvät pigmentit.



Kuva 1. Verkkomateriaalin karttasivu: sisällysluettelo.



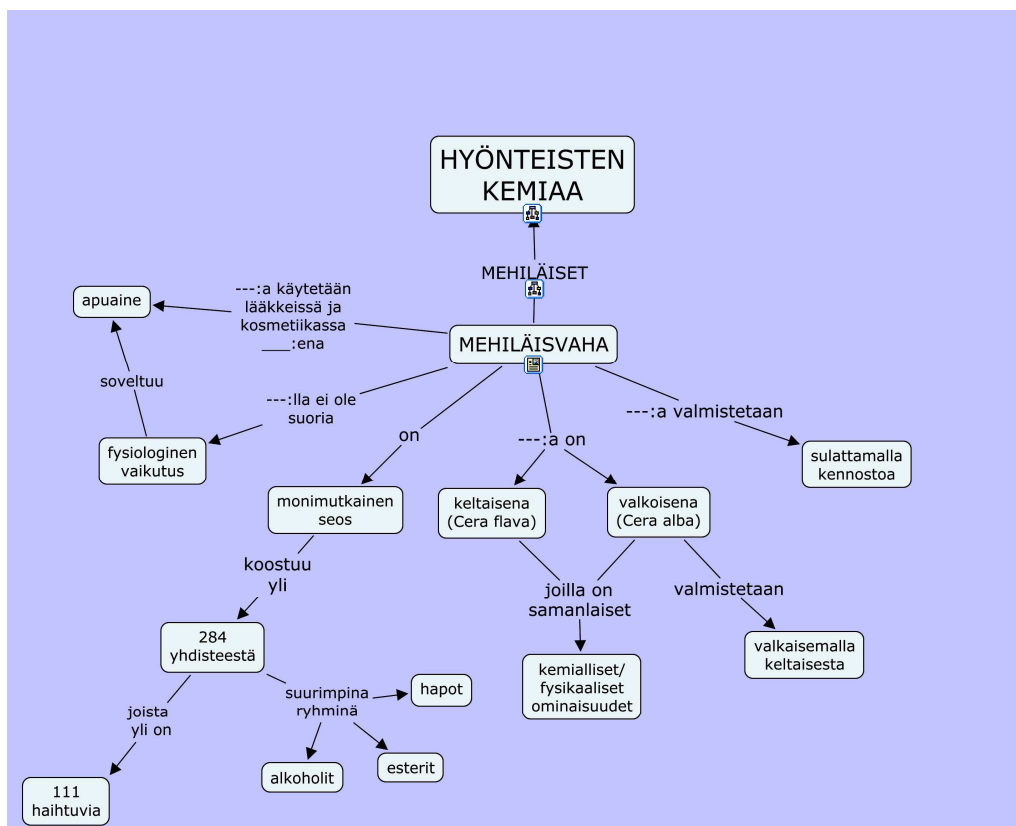
Kuva 2. Verkkomateriaalin karttasivu: mehiläiset.

Materiaalin rakenne koostuu karttasivuista (ks. kuvat 1 ja 2), käsitekartoista (ks. kuva 3) ja tekstisivuista (ks. kuva 4). Materiaali sopii sekä nopeaan kertaamiseen (käsitekartat) että aiheen syvempään opiskeluun (tekstisivut). Ausubelin (1968) mielekkään oppimisen teorian mukaisesti materiaalin käsitekartoista rakennettu navigointijärjestelmä ei kannusta lukijaa opiskelemaan ulkoa vaan rakentamaan omaa tietorakennettaan mielekkäästi käyttäen kokonaisuuksien hahmottamiseen ja kertaamiseen käsitekartoja sekä tiedon syventämiseen tekstisivuja. Kuvat 1-4 demonstroivat materiaalin navigointireitin tiedon syvenemisen mukaan. Käsitekartat on tehty *CmapTools*-ohjelmalla (ks. <http://cmap.ihmc.us/>).

Mielekkään oppimisen teoria huomioitiin materiaalissa myös siten, että kemia kytkettiin mielenkiintoiseen hyönteisten kemian -kontekstiin. Gilbertin (2006) mukaan kontekstuaalisuus nostaa materiaalin mielekkyyttä ja opiskelijan motivaatiota (Gilbert, 2006). Lisäksi tekstisivut sisältävät animaatioita, jotka helpottavat opiskelijaa ymmärtämään mikrotason tapahtumia paremmin. Kuvien avulla materiaalista pyrittiin tekemään visuaalisesti korkeatasoinen. Materiaalin aktiivisuutta ja käytettävyyden monipuolisuutta lisäävät interaktiiviset molekyyylimallit ja tehtäväosion harjoitustyöt.

Harjoituksissa yhdistyvät molekyyylimallinnus ja kokeellisuus, aivan kuten kemistien työssä tosielämässä (Aksela, 2005). Harjoitustöitä on kaksi: *"Isopentyyliasetaatin synteesi"* ja *"Karotenoidien eristäminen ja mallintaminen"*. Isopentyyliasetaattia käsittelevässä työssä suoritetaan yhdisteen synteesi ja mallinnetaan kyseessä olevaa kemiallista reaktiota. Karotenoidien kohdalla tutustutaan kromatografiaan, eristetään rasvaliukoiset pigmentit kasvinlehdistä ja mallinnetaan cis-trans-isomeriaa (ks. kuva 5). Cis-trans-isomeria liittyy olennaisesti karotenoidien esiintymiseen luonnossa. Molemmat työt tukevat vahvasti materiaalin sisältöä. Karotenoidit käsitellään pigmentit -osiossa ja isopentyyliasetaatti on valittu mehiläisen esimerkkiferomoniksi. Molempien töiden mallinnukset on tehty *Spartan*-molekyyylimallinnusohjelmalla (ks. <http://www.wavefun.com/products/spartan.html>).

Verkkomateriaalia kehitettiin edelleen opettajien vastauksien myötä. Verkkomateriaali on vapaasti opettajien käytettävissä osoitteessa:
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/hyonteistenkemiaa/>.



Kuva 3. Verkkomateriaalin käsitekartta: mehiläisvaaha.

Takaisin käsitekarttaan

MEHILÄISVAHA

OMINAISUUDET JA KOOSTUMUS

SOVELLUKSET

Vahat ovat pitkäketjuisten karboksyylihappojen ja pitkäketjuisten alkoholin muodostamia estereitä. Mehiläisvahan (kuva 1) hydrolyysissa muodostuu C 26 ja C 28 mittaisia suoraketjuisia karboksyylihappoja sekä C 30 ja C 32 mittaisia suoraketjuisia alkoholeja.

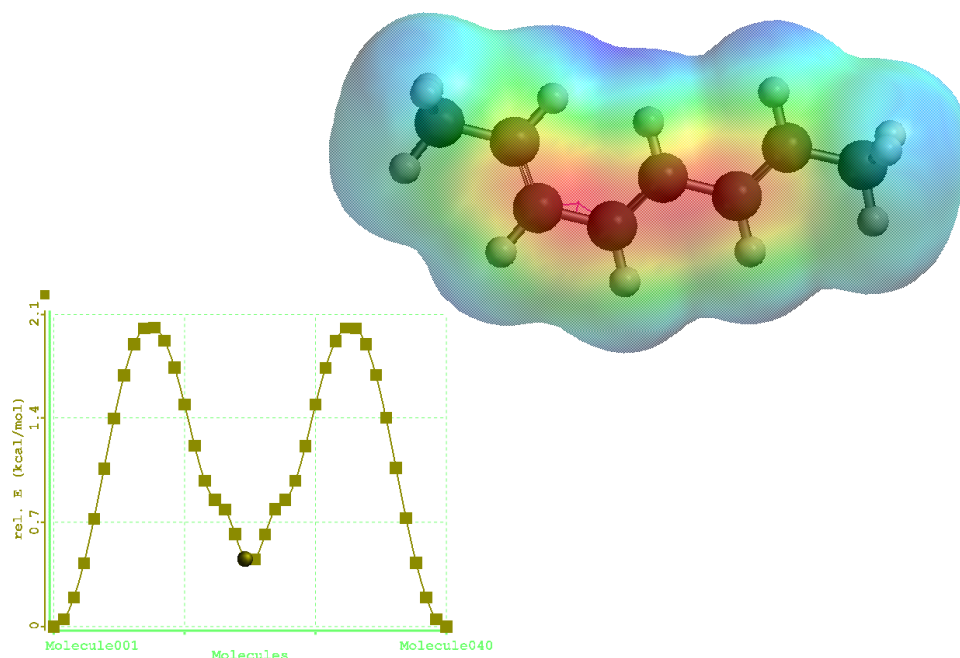
$$\text{C}_{25-27}\text{H}_{51-55} \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{C}_{30-32}\text{H}_{61-65}$$

Kuva 1. Mehiläisvahan rakennekaava.

Mehiläisvaha on sekä keltaisena (Cera flava) että valkoisena (Cera alba). Keltainen mehiläisvaaha valmistetaan sulattamalla mehiläiskennoja (kuva 2) kuumalla vedellä ja poistamalla sulasta vieraat materiaalit. Valkoista mehiläisvaha valmistetaan valkaisemalla keltaista mehiläisvaha kaliumpermanganaatilla, aktiivihiilellä tai auringossa.



Kuva 4. Verkkomateriaalin tekstisivu: mehiläisvaaha.



Kuva 5. Beta-karoteenin cis-trans-isomerian potentiaalienergian animointi.

6.2 Arviointivaiheen tulokset

Materiaali arvioitiin kyselylomakkeella käyttämällä viisi asteista Likert-asteikkoa, jossa 1=välttävä, 2=tyydyttävä, 3=hyvä, 4=kiitettävä ja 5=erinomainen. Kyselyssä arvioitiin materiaalin ulkoasu, sisällön laajuus ja taso, käsitekarttojen selkeys ja hyödyllisyys oppimisen suhteen sekä sivuston käyttömukavuus.

Opettajat ottivat materiaalin hyvin vastaan. Kaikkien arvioitavien osa-alueiden keskiarvot olivat melko korkeat (ks. taulukko 2). Materiaalin ulkoasua ja kuvia pidettiin onnistuneina. Sisällön laajuus koettiin kiitettäväksi (keskiarvo 4,0) ja kemian taso arvioitiin myös kiitettäväksi (keskiarvo 4,3), tosin avoimessa palautteessa osa koki sen liian haasteelliseksi lukiolaisille. Yli 70 % (vähintään kiitettävä (=4) Likert-asteikossa) vastaajista piti käsitekarttoja tärkeänä verkkomateriaalin rakenteen kannalta (keskiarvo 3,8). 18 % opettajista koki materiaalin olevan liian laaja ja käsitekarttoja olevan liikaa (1 tai 2 Likert-asteikossa). Vastanneista 88 % koki käsitekartat oppimisen kannalta hyödylliseksi (4 tai 5 Likert-asteikossa).

Käyttömukavuus jakoi mielipiteitä. Käyttömukavuus sai keskiarvon 3,6 ja pääosin positiivista palautetta, mutta 18 % (1 tai 2 Likert-asteikossa) vastaajista piti sivustoa rakenteeltaan hajanaisena ja navigointiominaisuuksiltaan hankalana. Osa vastaajista koki *CmapTools* -karttojen linkkien avaamisen käyttömukavuuden kannalta negatiiviseksi piirteeksi, koska linkkien avaamiseen tarvitaan kaksi hiiren klikkausta.

Taulukko 2. Opettajien vastaukset sisältöä arvioiviin kysymyksiin (N=17).

Arvioitava alue	Frekvenssi					Keskiarvo
	1	2	3	4	5	
Sisällön laajuus	0	1	3	8	5	4,0
Kemian taso	0	0	3	6	8	4,3
Rakenne	1	2	2	6	6	3,8
Käsitekarttojen hyödyllisyys oppimisen suhteen	0	0	2	10	5	4,2
Käyttömukavuus	1	2	3	7	4	3,6

Kemian opettajien avoimia kommentteja:

Positiivisia:

- *”Monipuolinen, selkeä ja helppo navigoida.”*
- *”Käytännön läheinen, monipuolinen, kromatografiaa ja spektrometriaa.”*
- *”Tuntuu, että oppiminen tehostuu.”*
- *”Käytännöllinen ja mielenkiintoinen tapa organisoida tietoa”*
- *”Käsitekartat selventävät rakennetta”*

Kehittämistoiveita:

- *”Kokonaiskuva jäi muodostumatta, paljon sirpale tietoa, käsitekarttoja on liikaa.”*
- *”Navigoinnissa Cmap-kartta on ongelmallinen.”*
- *”Taso liian vaikea lukiolaiselle, mutta kemiallisesti tietysti erinomainen.”*
- *”Materiaalia on vaikea käyttää pelkästään kemiaan sen biologisen puolen vuoksi.”*
- *”Aika laaja, vaikea lukea näin nopeasti.”*

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kehittämistutkimuksen tavoitteena oli toteuttaa mielekäs verkko-opetusmateriaali lukion kemian opetukseen. Tarveanalyysin pohjalta verkkomateriaalin painopistealueiksi valittiin semiokemikaalit ja pigmentit. Esimerkkihyönteisiksi valittiin mehiläiset, niiden kemiallisen monimuotoisuuden vuoksi.

Tutkimukseen osallistuneet opettajat ottivat verkkomateriaalin hyvin vastaan. He pitivät verkkomateriaalin kemian tasoa kiitettävänä ja riittävän laajana. Verkkomateriaalin laajuus sai myös osakseen kehittämisideoita. Tarkasteltaessa materiaalin tavoitetta toimia laajana materiaalipankkina, ei materiaalin määrä ole kuitenkaan ongelma. Kemian tason soveltuvuus lukiolaisille jakoi vahvasti mielipiteitä. Osan mielestä taso oli liian vaativa ja toisen ääripään mielestä kemia on osalle lukiolaisista liian yksinkertaista.

Vastausprosessin aikana kemian opettajien asenteet käsitekarttoja kohtaan muuttuivat positiivisemmiksi. Ennakkokäsitysten mukaan 65 % opettajista piti käsitekarttoja oppimisen suhteen hyödyllisinä, mutta verkkomateriaaliin tutustumisen jälkeen 88 % opettajista arvioi käsitekarttojen hyödyllisyyden oppimisen suhteen kiitettäväksi (vähintään 4 tai 5 Likert-asteikossa). Käsitekartat sopivat vastaajien mielestä verkkomateriaalin navigointityökaluksi. Yli 70 % piti käsitekarttoja

selkeinä sekä tärkeänä verkkomateriaalin rakenteen hahmottavana tekijänä. Myös aikaisimpien tutkimusten mukaan käsitekartat on todettu hyödyllisiksi sekä verkkoympäristössä (vrt. Carnot ym., 2001) että kemian oppimisessa (vrt. Cardellini, 2004; Francisco ym., 2002; Markow & Lonning, 1998; Nicoll ym., 2001; Osman Nafiz, 2008; Pendley ym., 1994; Regis ym., 1996; Stensvold & Wilson, 1992).

Opettajat antoivat käsitekarttojen käyttöön kehittämisideoita. 18 % vastaajista koki, etteivät käsitekartat sovellu verkkoympäristöön. Osa opettajista koki *CmapTools* -ohjelmalla tehdyt käsitekartat hankaliksi navigoida linkistä etenemiseen tarvittavan kahden klikkauksen vuoksi, mutta kahdella klikkauksella ei ole tekemistä arvioidessa käsitekarttojen sopivuutta verkkomateriaalien navigointi- tai oppimistyökaluna. *CmapTools* -ohjelmassa tarvitaan kaksi klikkausta linkistä etenemiseen sen vuoksi, että saman linkki-ikonin alle voidaan sisällyttää halutessa useampia linkkiresursseja. Tämä toiminto on juuri valitun ohjelman vahvuuksia ja se vaikutti vahvasti ohjelman valintaan.

Tutkimuksen heikkoutena on vastaajien joukon pieni koko (N=17). Huomioitavaa on myös, että osa vastaajista koki materiaalin olevan niin laaja, että täydellistä arviointia ei pysty suorittamaan niin lyhyessä ajassa. Tutkimuksen luotettavuutta kuitenkin parantaa arvioinnin suorittaminen useampana tutkimuspäivänä sekä kentältä tullut avoin positiivinen ja käyttäjäystävällinen sähköpostipalaute.

Tutkimus tuo esille useita lisätutkimusaiheita. Tärkeää olisi tutkia materiaalia opettajien käytössä koulussa: (a) mitä ja miten opettajat käyttävät tätä materiaalia? ja (b) miten opettajat käyttävät materiaalia? Myös materiaalin vaikutusta kemian mielekkääseen oppimiseen opiskelijoiden näkökulmasta olisi tärkeää tutkia. Tutkimustulokset osoittavat kehitetyn verkkomateriaalin mallin täyttävän mielekkään kemian oppimisen asettamat kriteerit, mikä kannustaa jatkotutkimuksiin tässä aihepiirissä.

8. Lähteet

Aksela, M. (2005). Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking Through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Helsinki.

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view, Holt, Reinehart & Winston, New York, USA.

Carnot, M. J., Dunn, B., Cañas, A. J., Graham, P., & Muldoon, J. (2001). Concept Maps vs. Web Pages for Information Searching and Browsing. Institute for Human and Machine Cognition. <http://www.ihmc.us/users/acanas/Publications/CMapsVSWebPagesExp1/CMapsVSWebPagesExp1.htm> (luettu 14.10.2008)

Cardellini, L. (2004). Conceiving of Concept Maps to Foster Meaningful Learning: An Interview with Joseph D. Novak. *Journal of Chemical Education*, 81(9), 1303-1307.

Coleman, C., King, F., Ruth, M. H., & Sary, E. (2001). Developing higher-order thinking skills through the use of technology. Master of Arts Action Research Project, Saint Xavier University, Illinois. (ERIC Document Reproduction Service No. ED459702)

Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.

Francisco, J. S., Nakhleh, M. B., Nurrenbern, S. C., & Miller, M. L. (2002). Assessing Student Understanding of General Chemistry with Concept Mapping. *Journal of Chemical Education*, 79(2), 248-257.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.

- Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. teoksessa C. Reigeluth (toim.) *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, volume II, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA, s. 215-239.
- Lavonen, J., Meisalo, V., Aksela, M., Mikkola, K., Juuti, K., Heikinheimo, S., & Poutiainen, S. (2007). Luonnontieteiden opetuksen työtapoja: WWW pohjainen oppimateriaali.
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/> (luettu 26.11.2007).
- Linn, M. (2003) Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727-758.
- Markow, P. G., & Lonning, R. A. (1998). Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1015–1029.
- Multisilta, J. (1997). Miltä näyttää WWW-maailma oppimisympäristönä. Teoksessa E. Lehtinen (toim.) *Verkkopedagogiikka*, Edita, Helsinki, s. 101-111.
- Meisalo, V., Lavonen, J., Juuti, K., & Aksela, M. (2007). Information and communication technology in school science in Finland. Teoksessa E. Pehkonen, M. Ahtee, & J. Lavonen (toim.) *How Finns learn mathematics and Science*, Sense Publishers, the Netherlands.
- Nicoll, G., Francisco, J. S., & Nakhleh, M. (2001). An Investigation of the Value of Using Concept Maps in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 78(8), 1111-1117.
- Novak, J. D. (1998). Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ, USA.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*, Cambridge University Press, New York, USA.
- Osman Nafiz, K. (2008). A Student-Centred Approach: Assessing the Changes in Prospective Science Teachers' Conceptual Understanding by Concept Mapping in a General Chemistry Laboratory. *Research in Science Education*, 38(1), 91-110.
- Pendley, B. D., Bretz, R. L., & Novak, J. D. (1994). Concept Maps as a Tool to Assess Learning in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 9-15.
- Regis, A., Albertazzi, P. G., & Roletto, E. (1996). Concept Maps in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 73, 1084-1088.
- Russell, J.W., Kozma, R.B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N., & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts, *Journal of Chemical Education* 74(3), 330-334.
- Stensvold, M., & Wilson, J., T. (1992). Using Concept Maps as a Tool to Apply Chemistry Concepts to Laboratory Activities. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 230-232.
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2002). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi, Helsinki.
- Valtioneuvoston kanslia. (2007). Tietoyhteiskuntakehityksen yhteisten menettelytapojen ja koordinoinnin kehittäminen opetustoimessa. Työryhmän loppuraportti.
<http://www.vnk.fi/julkaisukansio/2007/j09-opetus-time/pdf/fi.pdf> (luettu 18.1.2008).